

Japanese patent P3478401

Application number: (Hei)10-542559

Date of filing: 4.3.1998

International application number: PCT/IL98/00164

International publication number: WO98/046044

Date of international publication of application: 10.15.1998

Applicant: K. S. Waves, Ltd.

Inventor: S. Meir and G. Daniel

A DEVICE AND A METHOD TO ENHANCE BASS

[Abstract]

The present invention relates to a general field of psychological acoustics, more specifically to enhancement of sound quality perceived by a listener. The focus of the present invention is placed on the field of enhancement of quality of bass sound that is produced by an electro-acoustic transducer as the listener perceives.

(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 特 許 公 報 (B 2) (11) 特許番号
特許第3478401号
(P3478401)
(45) 発行日 平成15年12月15日(2003.12.15) (24) 登録日 平成15年10月3日(2003.10.3)

識別記号		F I	
(S)IntCl. ¹		H 0 4 R	3/04
H 0 4 R	3/04	G 1 0 L	7/04
G 1 0 L	11/00		9/00
	19/00		
Z H			
請求項の数4 (全 28 頁)			

特許請求の範囲		特許権者	
(21) 出願番号	特願平10-542559	(73) 特許権者	501321752
(86) (22) 出願日	平成10年4月3日(1998.4.3)	ケイ・エス・ウエイブズ・リミテッド	
(87) 公表番号	特表2000-505277(P2000-505277A)	イスラエル・67021テルアビブ・デロシ	
(43) 公表日	平成12年4月25日(2000.4.25)	ユベタチーデイク1132	
(86) 国際出願番号	P C T / I L 9 8 / 0 0 1 6 4	シヤシヨウア、メイア	
(87) 国際公開番号	W O 9 8 / 0 4 6 0 4 4	イスラエル・63827テルアビブ・フアイ	
(87) 国際公開日	平成10年10月15日(1998.10.15)	アパーグストリート32	
審査請求日	平成11年1月29日(1999.1.29)	グロツター、ダニエル	
審判番号	不登2001-14345(P2001-14345/J1)	イスラエル・71098レウト・リラカスト	
審判請求日	平成13年8月13日(2001.8.13)	リート81	
(31) 優先権主張番号	0 8 / 8 3 2 , 8 1 2	10060702	
(32) 優先日	平成9年4月4日(1997.4.4)	弁理士 小田島 平吉	
(33) 優先権主張国	米国 (U S)		
		合議体	
		審判長 杉山 恭	
		審判官 酒井 朋広	
		審判官 小林 秀英	
		最終頁に続く	

(54) 発明の名称 パス強調装置とその方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 音信号の疑似的低周波心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための方法において、

(i) 音信号から、関心のある低周波範囲上に延びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波数信号を供給すること、

(ii) 関心のある低周波範囲内の各基本周波数の各々について、調整列を有する残留調整信号を生成すること、該基本周波数の各々について生成された前記調整列が、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を含んでいる調整の第1グループを備えていること、

(iii) 前記第1グループの各調整によるラウドネスダイナミックスが前記基本周波数のラウドネスダイナミ

上記各基本周波数に関して生成された調整列が、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を含む調整の第1グループを備えていること、

(iii) $E_s = E_r \cdot R R' (f_r, N) + K$

ここで、

$E_s = f_r$ に関して生成された残留調整信号のエネルギー

（デシベル値）

E_r = 前記エルエフ信号内の前記基本周波数のエネルギー

（デシベル値）

$R R' (f_r, N) = R R (f_r, N)$ の±50%の範囲内の変形残留

伸長比

$R R (f_r, N)$ = 残留調整信号が低周波信号に対して伸長さ

れるべき伸長比である残留伸長比

$R (f) = 1.0 / (\ln (f) \cdot 0.241 - 0.579)$

f = 前記エルエフ信号内の基本周波数

N = 前記基本周波数の第N次調波、 f_c の上の主要調波

f_c = 前記エルエフ信号の境界周波数

f = 周波数

K = デシベル値での一定の利得

となるように、前記残留調整信号と前記低周波信号とを本質的にラウドネス整合せしめること、及び

(iv) 心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計することを含むことを特徴とする、音信号の疑似的低周波心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエス）を聴取者に伝えるための方法。

【請求項3】 音信号から、関心のある低周波範囲上に伸びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波信号を供給出来る周波数ユニットと、

周波数ユニットに接続された調整発生器とを具備しており、

該調整発生器が、該関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関して、調整の列を有する残留調整信号を生成することが出来るようになつており、

各基本周波数に関して生成された前記調整の列は、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を有する調整の第1グループを備えており、

更に、前記調整発生器と接続され、前記第1グループの各調整によるラウドネスダイナミックスが前記基本周波数でのラウドネスダイナミックスと実質的に同じになるように、前記残留調整信号と前記低周波信号とをラウドネス整合せしめることが出来るラウドネス整合器と、

心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計する合計用ユニットとを具備していることを特徴とする、音信号の疑似的低周波心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエス）を聴取者に伝えるための装置。

【請求項4】 音信号の疑似的低周波心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエフ）を聴取者に伝えるための装置において、

音信号から、関心のある低周波範囲上に延びている低周波信号（エルエフ信号）及び高周波数信号を供給することのできる周波数ユニットと、

該関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関して、調整列を有する残留調整信号を生成することが出来る、該周波数ユニットに接続された調整発生器とを具備し、

上記各基本周波数に関して生成された調整列が、該基本周波数の調整の第1セットの中からの少なくとも3つの連続する調整を含む調整の第1グループを備えており、

更に、 $E_s = E_r \cdot R R' (f_r, N) + K$

ここで、

$E_s = f_r$ に関して生成された残留調整信号のエネルギー

（デシベル値）

E_r = 前記エルエフ信号内の前記基本周波数のエネルギー

（デシベル値）

$R R' (f_r, N) = R R (f_r, N)$ の±50%の範囲内の変形残留

伸長比

$R R (f_r, N)$ = 残留調整信号が低周波信号に対して伸長さ

れるべき伸長比である残留伸長比

$R (f) = 1.0 / (\ln (f) \cdot 0.241 - 0.579)$

f = 前記エルエフ信号内の基本周波数

N = 前記基本周波数の第N次調波、 f_c の上の主要調波

f_c = 前記エルエフ信号の境界周波数

f = 周波数

K = デシベル値での一定の利得

となるように、前記低周波信号と前記残留調整信号とを本質的にラウドネス整合にせしめる、前記調整発生器と接続され、前記残留調整信号のラウドネスを、前記低周波信号のラウドネスに本質的に整合せしめることが出来るラウドネス整合器と、

心理音響学的代替え信号を得るように、前記ラウドネス整合後の各残留調整信号を合計する合計用ユニットとを具備する

ことを特徴とする、音信号の疑似的低周波心理音響学的感覚（疑似エルエフピーエス）を聴取者に伝えるための装置。

【発明の詳細な説明】

発明の属する技術分野

本発明は心理音響学の一般分野に於けるものであり、本発明は聴取者により感知される音質の強調に関する。本発明は聴取者が感ずるように電気音響的変換器により作られる音のバス（bass）部分の質を強調する分野の中に特定して焦点を当てられている。

用語集

下記に載せるものは従来からあり他のものは新造された（新造された用語はアンダーラインを付す）用語の用語

集であるが、

「電気音響的変換器」—電気信号を可能に変換する装置、電気音響的変換器には品質ステレオスピーカ卓上スピーカとしてイヤフォンの様な全ての種類の商業的に入手可能な装置を含む；

「ピッチ」—本文でのピッチは音が音楽の尺度で並べられる意味での聴覚のその属性として定義される。参考文献1、238ページ参照。

「ラウドネス」—これは音が静寂からラウドまで伸びる尺度で並べられる意味での聴覚の強さの属性である。参考文献1、287ページ参照。

「音圧レベル」—デシベル (db) での音のレベル—これは物理的尺度である。

「ラウドネスレベル」—音の、フオンでのラウドネスレベルは聴取者によりラウドネスで等価であると判定される周波数1kHzの純粋な音のデシベルでの音圧レベル (SPL) であり—これは聴覚の尺度である。

「フオン」—ラウドネスレベルの単位；

「タンバー」—聴取者が2つの音は同じように出され同じラウドネスでありそしてピッチは同じでないに判定出来る意味での聴覚の属性である。より簡単に音質に関連されている。

「エスピーエールダイナミックス」—そのスピーエールのデシベルで表した音のダイナミックス、本発明の本文では、ダイナミックスは“変化の範囲”を表す。

「ラウドネスダイナミックス」—フオンのそののラウドネスの意味での音のダイナミックス；即ちフオンでの変化範囲。

「下方伸長器」—典型的には機からの一定伸長比で、その入力ダイナミックスを下方へ伸長する装置；

「上方伸長器」—典型的には機からの一定圧縮比で、その入力ダイナミックスを上方へ圧縮する装置—即ち下方伸長器の反対のもの；

「エスピーエール対フオン伸長比 “R (f)”」—それによりデシベルでのエスピーエールダイナミックスが対称するフオンでのラウドネスレベルダイナミックスに伸長される比較、図2からも分かるエスピーエール対フオン伸長比の重要な属性は、良い音で、約0—80フオンの範囲で（そしてその何れの範囲でも）、この比率は一方で本質的にラウドネス又はエスピーエールから独立しているながら、周波数に支配的に左右されることである（等ラウドネス線の範囲は0—80フオンの範囲ではほぼ一定である）。従って、エスピーエール対フオン伸長比R (f) は本質的に周波数に左右されると見なされる。これは聴覚的尺度である；

「現留伸長比」—それにより“現留調整信号”（下記定義参照）が“低周波数信号”に対して伸長されるべき伸長比は“現留伸長比”と呼称される。下記で述べるように、自然現留伸長比と変型現留伸長比とが本発明文中に使用される。

ss) 周波数範囲に含まれたり又は前記バス (Bass) 周波数範囲 (成いはその部分) と部分的に重なりつつあるかもしれない。関心のある低周波範囲は1つ、又はもし望まれば2つ以上の別個の周波範囲に亘り伸びているかも知れず、別個の周波数を含んでいる。関心のある前記低周波範囲内の各周波数は基本周波数と見なされる。「関心のある低周波信号 (エルエフ信号)」—関心のある低周波範囲に入る音信号のその部分。

「周波数帯域の類似的伸長」—模擬似エルエフピーエス (Pseudo—LPS) の主観的効果。

「現留調整信号 [アールエフ信号 (RSignal)]」—基本周波数を含まない基本周波数の周波の列 (sequence)。本発明によれば該調整の列は下記に述べられるような制限を受ける。

「心理音響的代替え信号 [ピーエイ信号 (Psi gna l)]」—一聴取者に類似似エルエフピーエスを伝える本発明による合成信号。

「ラウドネス整合属性」—2つの信号がそれにより同じラウドネスダイナミックスを行すると判定される属性。好ましいがしかし必ずしもそれらに限らぬが本発明の該ラウドネス整合手順は同じラウドネスレベルを達成する。かくして、もし該ラウドネスダイナミックスが保持されるならば該ラウドネス整合属性は充される。一方ラウドネスレベルには影響するがデシベルでの一定割合を適用するような他の公知の手順は該ラウドネス整合属性には必ずしも影響しない。

「ラウドネス整合手順」—前記第1及び第2音信号の該ラウドネス整合属性を実質的に達成するために第1信号に適用される手順。該ラウドネス整合手順を実現する1つの制限のない可能な仕方該エスピーエール対フオン伸長比アール (エフ) [R (f)] を使用することによる。従って、これは聴取レベルの情報なしに達成されても良い。

「他対ラウドネス整合属性」—それにより該音信号が同じラウドネスダイナミックスとラウドネスレベルを有すると判定される属性。

「他対ラウドネス整合手順」—該他対ラウドネス整合属性を実質的に達成するための2つの音信号の1つに適用される手順。この手順は該ラウドネスレベルの情報を必要とする。

参考文献

下記説明で、場合により、引用されている、先行物のリストに対する参考文献は下記のようにである。
1) プライアン シー ジェイ ムーア (Brian C. J. M oore)、“聞くことの心理学への入門 (An introduction to the psychology of hearing)”, 1982。
2) ジョン アール、ピアス (John R. Pierce)、“音楽的音の科学 (The Science of Musical Sound)”, 1992。
3) ビーシーマザガジン (PC Magazine), 1998年1月。

「関心のある低周波範囲」—模擬似エルエフピーエスに属する周波数範囲。該指定範囲は全部に前記バス (Ba s) 周波数範囲 (成いはその部分) と部分的に重なりつつあるかもしれない。関心のある低周波範囲は1つ、又はもし望まれば2つ以上の別個の周波範囲に亘り伸びているかも知れず、別個の周波数を含んでいる。関心のある前記低周波範囲内の各周波数は基本周波数と見なされる。「関心のある低周波信号 (エルエフ信号)」—関心のある低周波範囲に入る音信号のその部分。

「周波数帯域の類似的伸長」—模擬似エルエフピーエス (Pseudo—LPS) の主観的効果。

「現留調整信号 [アールエフ信号 (RSignal)]」—基本周波数を含まない基本周波数の周波の列 (sequence)。本発明によれば該調整の列は下記に述べられるような制限を受ける。

「心理音響的代替え信号 [ピーエイ信号 (Psi gna l)]」—一聴取者に類似似エルエフピーエスを伝える本発明による合成信号。

「ラウドネス整合属性」—2つの信号がそれにより同じラウドネスダイナミックスを行すると判定される属性。好ましいがしかし必ずしもそれらに限らぬが本発明の該ラウドネス整合手順は同じラウドネスレベルを達成する。かくして、もし該ラウドネスダイナミックスが保持されるならば該ラウドネス整合属性は充される。一方ラウドネスレベルには影響するがデシベルでの一定割合を適用するような他の公知の手順は該ラウドネス整合属性には必ずしも影響しない。

159—199頁 “スピーカー：音と激情 (Speaker: The Sou nd and the Fury)”。

発明の背景技術

音、例えば、音楽はバス (bass) の周波数範囲に亘って伸びるバス成分も含む広い範囲の周波数範囲で構成り立っている。該バス成分は音楽では重要な役割を演ずる。かくして、例えば、ピアノの周波数は200Hzより低い周波数範囲をカバーしている。映画、ビデオクリップ (video clips)、マルチメディア (“エムエム M”)、ゲームその他で使用する様々な“音楽効果”は100Hzより低い周波数を含んでおり；典型的例は自動車、ヘリコプター、モーターサイクルエンジン、火砲の着火、爆発の爆発等である。(又参考文献2の18—19頁、図2—4参照)

示されたように、バスは音の中で重要な役割を演ずるが、音響的に低周波を再生 (即ち、電気音響的変換器を通じて) することには固有の困難がありそして従って、聴取者 (即ち、低周波心理音響学的感覚) によって検出される合成低周波 (low—frequency) は電気音響的変換器の物理的限界と心理音響学的理論とにより悪い影響を受ける。

例えば、ピアノの音を考えてみると良い。この音はそれぞれ低周波と高周波の心理音響学的感覚の高まりを与える低及び高周波を含んでいる。

電気音響的変換器を通してこの低音の録音を再生することは低周波に関連する物理的及び心理音響学的制限のために該低周波の心理音響学的感覚を劣化させる。

該物理的及び心理音響学的制限に関しては、前者は低い周波数範囲での電気音響変換器の固有の低効率性であり、該指輪される低効率は該低周波の音響的波長に比して、該変換器の比較的小さい寸法から生ずる。かくして、20—300Hzの範囲の低周波の音波の波長はそれぞれ0乃至1メートルの間にある。該電気音響的変換器の物理的寸法は、通常、該低周波の範囲の波長よりずっと短くそして幾つかの場合には該電気音響的変換器の寸法は該低周波の波長の約100分の1になる。この物理的欠点は該低周波範囲での該電気音響的変換器の効率が高い周波数範囲でのその効率に比較して著しく低いことになり、それにより低周波の心理音響学的感覚 (エルエフピーエス (LPS)) を劣化させる。

更に該エルエフピーエスを劣化させる他の側面は心理音響学的分野にある。該心理音響学的分野で良く知られているように、約500Hzより下の (及び約500Hzより上の) 周波数は耳の生理学的には非線形化方で取り扱われる。その結果、複雑な音楽の音 (即ち広い範囲の周波数を含んでいる) では、低周波、中間の周波数及び高い周波数の範囲の間のバランスは全体の音のレベルの調整として変化する。かくして、音楽の全体音圧レベルを下げると、該中間及び高い周波数範囲のラウドネスレベルは

対応して減衰されるのに低い周波数範囲のラウドネスは異なる、より高い増率で減衰される。従って、聴取者は該低周波の心理音響学的感覚（エルエフピーエス）のラウドネス属性を感じる仕方を制御することは難しい。

(参考文献1 02.3章65頁参照)

従来技術1は、即ち低周波数範囲の信号を取り扱うことにより該物理的及び心理音響学的制限を補償することに、エルエフピーエスの劣化を対処することを企てている。

ここに説明したように物理的及び心理音響学的要素による該エルエフピーエスの劣化は、商業的に入手可能な電気音響的変換器やとして特にいわゆる卓上型マルチメディアスピーカークーで表われる。

卓上型マルチメディアスピーカークーは通常従来型パーソナルコンピュータ（ピーシー）に接続されそして寸法が小さいことに特徴がある（卓上で専用に取り当てる限られた物理的空間のために）。卓上型マルチメディアスピーカークーは比較的低い全体のラウドネスレベルで動作するよう通常設計されそして、他のものの中で、競争的価格設定の期間のために、従来の家庭用ステレオスピーカークーに比較して、一般的に中間度か又は低い品質である。後者の特性はエムエムスピーエスの低い効率を引き起こしている。図1（文獻から引用）はそれぞれ良質の8つの商業的に入手可能なエムエムスピーカークーの8つの周波数応答曲線を示している。明らかに分かるように全てのスピーカークーは約150Hzの下での効率的著しい劣化を示している。

該指摘された境界にも拘わらず、該ピーシー環境でのマルチメディア応用の益々増大する普及度のために、卓上型エムエムスピーカークーの劣化は近年上昇している。一方で該マルチメディアスピーカークーの広範な普及と他方での音信号の低周波成分に関するその比較的低い性能とは開発者をして該電気音響的変換器の低周波の効率を改善しそれにより音信号の時間的伸長を達成することを力付けている。

ここで指摘されるような該物理的及び心理音響学的限界に対処しよう企てる他の利用可能な従来技術が存在するがこれらの解決策の簡単な説明を下記に示す。

かくして、該電気音響的変換器の物理的制限に対処する1つの可能な方法はそれが電気音響的変換器に与えられる前に該音信号の低周波成分を簡単に（固定利得又は動的に制御された利得により）減らすことである。この解決法は中間の及び低い品質の卓上型マルチメディアスピーカークーでは事実上無用とされるが、そこでは低い周波数範囲での効率は中間乃至高い周波数範囲の同じ電気音響的変換器の相当する効率に比して100分の1（一〇〇分の一）より下に低下するかも知れないからである（図1参照）。かくして、該信号の低い周波数範囲を増幅することによる効率的差を補償する企ては該電気音響的変換器に於て全体レベルを非実用的に低くするかも知

る。幾つかの典型的結果を図2に示す。このグラフは20フオンから120フオンまでのラウドネスのレベルに対する等ラウドネス線を示しそして絶対数値（エムエフピー（dBP））曲線も含んでいる。該等ラウドネス線は該数値曲線と同様な形をしているが、しかし高いラウドネスレベルではより平坦になる傾向がある。これはラウドネスの伸びる割合が異なる周波数の高音で異なることを意味する。”

従って、本発明の目的は聴取者に擬似的な低周波の心理音響学的感覚を伝えることに関する限り効率的低い電気音響的変換器に関連する相違される欠点を解消させるか又は実質的に除くことである。

発明の概要

一般的には本質的に知られているピッチ検出及び等ラウドネス線を説明したが、本発明の内容に於けるその利用を下記で説明する。

次に、ピッチ検出効果に関連していわゆる周波数の第1次及び第2次グループの利用を明らかにする所の、良く知られた“耳の臨界バンド分解能”の簡単な説明を行う。

耳の臨界バンド分解能の内容はこの様に本発明の範囲を越えるものであるが、指示された現象の詳細な説明は参考文献1 03.2章5頁で見ることが出来る。

周波数の第1のグループ、即ち基本周波数の最初の約10乃至12周波は耳の別個のいわゆる臨界バンドに入り、それにより該耳はこれらの2つの連続する周波の間も分解出来るようにする特徴がある。従来技術で公知のように、耳の該臨界バンド分解能はFを基本周波数とすると約F/10である。この中で周波の第2グループは周波の第1グループの上の周波例えば第15次や第16次周波と定義される。前記第2グループの何れの2つの連続する周波の間周波数差はF/10より小さいので、それらが同じ臨界バンドに入りそしてFがその2つを分離出来ないことが容易に起こる。

周波の列を有する残留周波信号（アールエイチ信号（*ear-signal*））は関心のある低周波範囲内の各基本周波数に関連して発生される。

各基本周波数に関連して発生される前記周波の列は好ましくは次の基準に合うべきである：それは、基本周波数の周波の第1のセットの中から少なくとも2つの連続する周波を含む第1のグループの周波を含んでいべきである。

前記周波列は又第2グループの周波の中からの周波を含んでいるかも知れない。しかしながら、前記第2グループの中から周波のエネルギーは前記第1のグループの周波のエネルギーより、著しく、少なくとも10dBも低いことが好ましい。

第2グループの周波に関する後者の基準は、もしより高い周波が高レベルのエネルギーを有するとした場合換出される朝激的“バズ音”に対して、聴取者に換出され

る該アールエイチ信号のタンパーは深い音の質を有することを保証するであらう。もし第2グループの周波が使用されない場合はこのタンパーは更に強い理由で達成される。

本発明に関連して“周波”は純粋な周波（即ち、与えられた基本周波数Fの純粋第N次周波はN＊Fの周波数を意味する）のみならず、近似的な周波（即ち、与えられた基本周波数Fの近似第N次周波はN＊F＊（約5%の精度付き）の周波数を意味する）も含むことを含むべきである；かくして限定しない例に挙げれば、760Hz、740Hz、760Hzは各、本発明に関連して、基本周波数150Hzの第5次周波と見なされるが、ここで760Hzは純粋第5次周波であり、740Hz、760Hzは各近似第5次周波を構成している。同様に、図2の曲線は情報同調の改訂を受けるとも知れない。本発明は図2で限られていない。現在の状態ではその曲線により限定されない。

今度は擬似エルエフピーエスのラウドネス属性に於けると、該アールエイチ信号及び関心のある低周波の音信号がラウドネス整合属性を有することが望まれる。説明されるように、“ラウドネス整合手順”は又該アールエイチ信号及び該低周波数信号が実質的にラウドネス整合属性を有する状況も包含している。ここで2つの異なる場合が考えられる。第1の場合は該ラウドネスレベルの場合である（即ち、聴取者により検出されるような）。この場合では、該ラウドネス整合属性はラウドネス整合手順を適用することにより達成される。第2の場合は該ラウドネスレベルが絶対ラウドネス整合手順を適用することにより達成される場合である。

ラウドネスレベルを測定出来るラウドネス分析計を使用するラウドネス整合手順を使用することにより該ラウドネス整合属性を達成することは可能である。

ラウドネス分析計を實現するための良く確立された手順が公の文書（その幾つかを下記で説明する）に見られる。この分野は広く研究されそして改良された方法が常

に示されている。実際は、ラウドネス分析計の選択は好ましくは、特定の応用のための、必要な音響的忠実性に対するコストと複雑性の制限によって行われべきである。

従って、本発明は聴取者に音信号の擬似低周波の心理音響学的感覚（擬似エルエフピーエス（*Pseudo-LFP*））を伝えるための下記を含む方法を提供する：

(1) 少なくとも音信号の低周波信号（エルエフ信号（*LFP signal*））を供給するが、該エルエフ信号のある低周波範囲上に仰びている；

(11) 関心のある低周波範囲内の基本周波数に対し、周波列を有する残留周波信号を発生する；

前記周波列は、各基本周波数に関連して発生されて該基本周波数の周波の主要なグループの中から少なくとも2つの連続する周波を含む第1グループの周波を含んでい

(iii) 前記残留調波信号と前記エルフ信号とのラウドネス整合係数を算出するために前記残留調波信号にラウドネス整合を適用する。

前記エルフ信号の供給は例えば次の図3に適用することによりもたらされる：

該信号から少なくとも最低調波信号（エルフ信号）を得る。

実施例の方法によると、前記方法は更に (iv) 少なくとも前記残留調波信号を使用する心理音響学的代替信号と前記信号又は前記信号の部分とを発生する過程を含んでいる。

前記部分は例えばその高い周波数のエイチエフ信号部分（high frequency HF signal portion）、該エルフ信号及び該エイチエフ信号と最初に重畳する該信号の部分、又は何れかの他の組み合わせであっても良い。

本発明は更に聴取者に音信号の擬似低周波心理音響学的感覚（擬似エルフピーエス（Pseudo-LFES））を伝えるための下記を含む方法を提供する：

(1) 少なくとも音信号の低周波信号（エルフ信号（LF signal））を供給するが、該エルフ信号は関心のある低周波範囲上に伸びている

(ii) 関心のある低周波範囲内の各基本周波数に対し、調波の列を有する残留調波信号を発生する；

前記調波列は、各基本周波数に関して発生された該基本周波数の第1セットの調波の中から少なくとも2つの連続する調波を含む第1グループの調波を含んでいる

(iii) 前記エルフ信号上の前記残留調波信号のラウドネス整合係数は下記のように実質的に達成するために前記残留調波信号にラウドネス整合を適用する

$$E_a = E_f \cdot R^N \quad (E_a, N) + K$$

ここで：

E_f = 前記エルフ信号内の基本周波数

E_a = 前記エルフ信号内の前記基本周波数のデシベルでのエネルギー

$E_a = f(f)$ に関するアールエルフ信号のデシベルでのエネルギー

$R^N \quad (f, N) = RR \quad (f, N) \leftarrow 50\%$ 、後記する式により、 f とその第 N 次調波の間の該変型された残留伸長比、 N = 前記基本周波数の第 N 次調波、 f の上の主要な調波である

f_a = 前記エルフ信号の境界周波数

下記の特定に説明されるように、該範囲を実現することは何れかの特定のハードウェア又はソフトウェアを制限されない仕方で該ラウドネス発生器と調波発生器は通常のハードウェアモジュールとして実現される。

次に本発明のラウドネス整合手順を説明するが、それは従来のラウドネス分析器の使用を取り除きそして代わりに耳の一定ラウドネス曲線の下伸長器を使用

より良い理解のために、40—120Hzの範囲の低周波信号を置き換えるために、120Hzより上の周波数を持つ“心理音響学的代替信号”を創る制限のない例を考へる。

40—120Hz間の何れの基本周波数に対しても、該残留調波信号は120Hzより上の周波数を持つその最初の例例えば3つの調波を含んでいる。

表 1

基本波 f_i	$R(f_i)$	$h=120\text{Hz}$ より大きい 第1調波の次数	$n \cdot f_i = 120\text{Hz}$ より大きい 第1調波の周波数	$R(n \cdot f_i)$	$RR(f_i, n) = \frac{R(f_i)}{R(n \cdot f_i)}$
40Hz	$R(40) = 3.23$	$n=$ 第3次	120Hz	$R(120) = 1.74$	1.85
50Hz	$R(50) = 2.75$	$n=$ 第3次	150Hz	$R(150) = 1.59$	1.73
60Hz	$R(60) = 2.45$	$n=$ 第2次	120Hz	$R(120) = 1.74$	1.41
70Hz	$R(70) = 2.25$	$n=$ 第2次	140Hz	$R(140) = 1.63$	1.38
80Hz	$R(80) = 2.1$	$n=$ 第2次	160Hz	$R(160) = 1.55$	1.35
90Hz	$R(90) = 1.98$	$n=$ 第2次	180Hz	$R(180) = 1.49$	1.33
100Hz	$R(100) = 1.88$	$n=$ 第2次	200Hz	$R(200) = 1.43$	1.31
110Hz	$R(110) = 1.81$	$n=$ 第2次	220Hz	$R(220) = 1.39$	1.30

この例では、60と120Hzとの間の周波数に対して該第2乃至第4調波はこの条件を満たしている。そして40Hzと60Hzの間の周波数に対しては第3乃至第5調波がこの条件を満たしている。

基本波と、そしてその第1の関連する調波の間の該結果的“残留伸長比”は次のようである：

低周波範囲の与えられた範囲でその平均周率に近い効音を呈する場合、好ましくは(必ずしもそうでないが)関心のある該低周波信号の完全な又は減衰された強さが該心理音響的代替え信号に合計される。

低効音を呈する該電気音響的変換器のその周波数範囲にそれ自身が存在する基本周波数のそれら高周波に関しても同じ様な考慮が払われるべきである。

その最も広い範囲では、本発明は次ぎのものを備えた音信号の使役低周波心理音響的感覚を聴取者に送るための方法を提供するのであり：

0) 少なくとも音信号の低周波信号 (エムエフ信号) を提供するが、該エムエフ信号は関心のある低周波範囲に重なり伸長する；

0) 前記の少なくともエムエフ信号の調波を発生するが、それは該調波が前記の少なくともエムエフ信号により生成されるよう意図されたと実質的に同じラウドネスレベルをもたためである。

オーディオ信号は通常最良ユーザへの聴取条件、以下基準聴取条件とするが (周囲音及びノイズは音再生システムに限定されないが)、を成る程度、制御することにより意図された感度を達成するように用意される。

本発明の方法とシステムは何時でも該聴取ユーザ一聴取条件が前記基準聴取条件に比して (特に該エムエフ部分に関して) 劣る、例えば該ユーザが劣ったオーディオ再生システムを用いている時に適用可能である。

本発明によると該オーディオ信号は、特定のラウドネス、ピッチ、タンバール属性に関して、意図された感覚を実質的に達成するように取り扱われる。

図面の簡単な説明

より良い理解するために、例として使うためだけに与えられ、次ぎの付随する図面を参照して本発明を説明するが；

図1はそれぞれ8つの良質な簡発的に入手可能なエムエムスピーカーの8つの周波数応答曲線を示す。

図2は等ラウドネス線のグラフ図である。

図3aは本発明の1実施例の心理音響的代替え信号発生器を図解するブロック図である。

図3bは本発明の1実施例の図3で図解された発生器の部分形成するラウドネス分析器、制御ロジック及び制御応用モジュールのブロック図である。

図3cは本発明の1実施例のスピーエイ信号発生器のブロック図である。

図3d~3gは各信号又はその部分を利用することによりスピーエイ信号を発生する4つのそれぞれの実施例を図解している。

図4は本発明の1つの実施例の心理音響的代替え信号発生器を図解するブロック図である。

図5は図4の実施例に使用された上方への圧縮器のロジックの1つの可能な実現法である。

る。

3. 各周波数バンドに対して、該バンドの残余内のエネルギーによりそれに置きされるマスキング曲線の位置として (時間) に依存する) マスキング曲線を得る。

4. 各周波数バンドの上 (時間) に依存する) ラウドネスを前記マスキング曲線の下にあり、そのエネルギーレベルで、その周波数バンドに於ける耳の感度により重み付けされた計算をする。

5. 上の4で計算された或る周波数範囲の (又は全てのバンドの) 全てのバンドの (時間) に依存する) ラウドネスを合計することと、その周波数範囲のラウドネス (又は全体のラウドネス) が与えられる。勿論他のラウドネス解析技術を使用しても良い。

図3aに戻る、該ラウドネス整合手順 (該 “低周波信号” に関して) で扱われる “残留調波信号” に制御ロジック (3g) が適用される。精密な制御ロジックには耳に与えられたオーディオ信号全体の情報が必要とされ、かくして “高周波信号” もここで必要とされることに注意すべきである。

該 “ラウドネス分析器” が実質的であるとして、そしてラウドネスレベルの動的な変動を抑制して、図3aの概念的ブロック図は “心理音響的な代替え信号” 用に望ましい該 “ラウドネス整合” を実行出来る。図3aに描かれた該種々のモジュールの詳細な説明は図3bも参照して下記に示す。

この図解の目的は該エムエフ信号のラウドネスを該スピーエイ信号のそれに整合することである。この目的に対して該アールエイチ信号 (それは未だ該エムエフ信号へのラウドネス整合ではない) を創った後に、下記過程が実行される：

- (a) エルエル0 (LF) 乃至エルエルN (LF) と称される対応したエム+1 (M+1) 個の信号を得るために該エムエフ信号を周波数バンドに分割しそしてそれぞれエネルギー抽出モジュール30a乃至30a内の各信号のエネルギーを抽出する；
- (b) アールエイチ0 (RF) 乃至アールエイチエム (R) と称される対応したエム+1 個の信号を得るために該アールエイチ信号を周波数バンド30iに分割しそしてそれぞれのエネルギー抽出モジュール30a乃至30aで各信号のエネルギーを抽出する；
- (c) モジュール30a乃至30aから得られた該アールエイチ信号分析の各周波数バンドに対して、それぞれのモジュール30a乃至30a内でのその調波がこのバンドのエネルギーの大部分に対応する基本周波数バンド (モジュール30a乃至30aから) を決定する。この過程の関連するロジックは又該アールエイチ信号が如何に発生したかを第2及び第3調波だけを含んでいれば、該アールエイチ信号バンドの各々のエネルギーは該バンドの周波数より2分の1倍か3分の1倍低い周波数の基本バンドから

成ったものでなければならぬ。この場合該アールエイチ信号バンドの狭つた範囲に於いて1つのエムエフ信号バンドの第2調波でありそしてもう1つの第3調波でもある曖昧さに関する可能性がある。かかる場合、大部分のエネルギーを含む基本バンドを選択する。

(d) モジュール30a乃至30a及び30a乃至30aの間の対応を決定したので、モジュール30a乃至30aは耳の感度曲線に依って対応するモジュール間で該ラウドネスを整合させるために必要な利得を計算するよう適合される。換言すれば、該周波数 (該周波数) と該エムスピーエル (該周波数) に依って該基本周波数バンドと組む合わせる該ラウドネスを図2グラフの中で確認し、該対応するモジュール30a乃至30aで同じラウドネスを創るに必要な該エムスピーエルエネルギーを決定し；そして該30a乃至30aのエネルギーを前記必要エムスピーエルエネルギーまで持ってくるに必要の利得を決定する；

(e) エム個のラウドネス整合済み信号を得るためにそれぞれ該乗算器30i乃至30iの中で利得差を適用する；そして

(f) スピーエイ信号を得るために該エム個のラウドネス整合済み信号を合計する。

スピーエイ信号発生器の1つの装置型を図3aに示す。この回路は該アールエイチ信号発生とラウドネス整合とを各周波数バンド内で行う。この例は又周波数のバンドに対する該近似周波数伸長比 (R, n) に対して得られた結果を使用する。この目的に向かつて全入力が得らる該エムエフ信号を分離した後、次ぎの過程を実行する；

- (a) LF乃至LFと呼称されるM+1 個の信号を得るために該エムエフ信号を周波数バンド30iに分割する。
- (b) 対応するモジュール30i乃至30i内でのLF乃至LFに於けるM+1 個のアールエイチ信号発生と周波数発生する。該調波発生方法は前に知られているので、それぞれ信号LF乃至LFとRF乃至RFとの間のエネルギー関係は一般に知られている；
- (c) RF乃至RF信号の各々の該エネルギー30i乃至30iを抽出する (代わりに該抽出は該RF乃至RF信号に同じやすことも出来る)；
- (d) 該RF乃至RF信号に適用されるべきそれぞれの利得30i乃至30iを計算する。この計算は各それぞれのバンドに対するLF乃至LF及びRF乃至RF周波数エネルギーの間の関係、そして該近似周波数伸長比、R (R, n) に関する確率的な情報に基づいている。この利得は該最終結果が該RF乃至RF信号のラウドネスを該対応する各バンドの該周波数比を通して該対応するLF乃至LF信号に整合させるように計算されるべきである；
- (e) M個のラウドネスを整合した信号RF乃至RFを得るためにそれぞれ該乗算器30i乃至30i内で該利得を適用する；
- (f) スピーエイ信号を得るために該M個のラウドネス

を整合された信号出力に至り至る合計する。

今回3d乃至eを見ると、心理音響学信号の発生のために音信号又はその部分を使用する多くの可能な変型品から4つを図解するブロック図が示されている。かくして、図3dに示すように、回路3100はモジュール3103内の高周波フィルタとモジュール3104内の低周波フィルタの向けられる入力信号3102を含む。この低周波信号3102はモジュール3105内の低周波信号3106、3107及び3108に供給され、各周波数はブロック3109内で最終出力信号3110を発生するために、もし望むならば、別個の周波数値を有している。

もう1つの限定しない例が図3eに示されているが、ここでは低周波信号だけが入力信号から抜き出されている。しかしながら、この特別な実施例では、それらのモジュールで各々がフィルタされた別個のF周波数から成っている（例示されているF1乃至Fnの周波数2つが3202及び3204で示されている）。次いで低周波信号はモジュール3206及び3208内の低周波信号に向けられ、そして最終結果は出力212を発生するために合計用モジュール3201内で入力信号と共に合計される。

今回3fに示すもう1つの限定しない例を見ると、モジュール3302内で発生される低周波信号はモジュール3304の低周波信号に向けられ、そして次いで最終処理の元の音信号がモジュール3305内で低周波信号に合計される。示されたこの実施例により、該元の低周波信号は捨てられる。もし望むならば、後者は次いで3308を通して高周波フィルタ処理を受ける。

今回3gを見ると、もう1つの限定しない例が示されているがそれはモジュール3408の高周波信号は純粋な高周波信号をフィルタ処理しないが、この特別の実施例では、該音信号の該部分が低周波上げフィルタにより得られるという事実以外は前の一つと似ている。

当業者は上記4つの例が出力信号を発生する手順の間に該音信号又はその部分を利用する広範な可能性を説明していることは容易に評価するであらう。

図4は本発明のもう1つの実施例の心理音響学代替信号発生器を図解しているブロック図を説明している。図4はこれまでの従来のラウドネス分析器と比較してラウドネス整合とモジュール4つの間の低周波信号に組み合わせている。その後上方への圧縮の様な基本的部品から成っている。最後の手順は圧縮発生とラウドネス整合の過程に何等特定の要求を課していないことと同解している。

全周波数範囲とその第n次調波に適用される近似的周波数値を得ることにより、そして更に該しめられた回路がその整合中に該調波を再帰的に発生するために、複雑なエネルギー/周波数解析は必要でない。事実、示され

らである。該エネルギー信号の周波数は該サンプル速度より著しく低く、この1サンプル速度の影響は無視出来ることに注意すべきである。

該フィードバック部分(43)の要素を説明したが、回路の残りの要素を今度は説明する。

出力高域フィルタ(50)ー加算機(52)を経て、該フィードバックループからの出力は高域出力高域フィルタに供給される。この2つは図3(この特定の例では120Hz)より下の周波数要素を拒絶し該上方圧縮器ロジック(Upwards-Compressor Logic)、及び出力乗算器(53)の両者を供給する。下記で説明するように、このフィルタの影響は該上方圧縮器ロジックの適切な動作に非常に重要であるが、しかし又この特定の例では一次のスピーカーの必要な負荷を避けるのに役立っている。この特別な例では、一40デシベル停止バンドリプルを有する第4次の複円フィルタが満足すべきものであった。図8はこのフィルタをグラフィ的に示す。

乗算器(53)ーここで該圧縮器からの制御信号は該発生器の出力に印加される。

上方圧縮器(48)ーこの回路は、もしその入力に(乗算器により)印加されると該入力信号の該エネルギー包絡線ダイナミックレンジ(デシベルで表して)を典型的にはr(1.0である比"r"で圧縮することになる)制御信号を計算する。該制御信号は該フィードバック利得と、そして該発生器の最終出力との両者に印加されることに注意すべきである。該上方圧縮器への入力は高域フィルタ(50)から供給されるので、図3上の該アーモエイチ信号が限定され、該フィードバックループ信号外にあるより低い周波数を含むではない。

原理通りに該制御信号は:

$$C(t) = (E(t))^{0.01}$$

ここでE(t)は入力信号の(時間変化する)エネルギー包絡線である。

従って該信号C(t)・入力は包絡線E(t)'を有する。

該デジタル又はアナログのドメインで圧縮器を回避するには種々の方法があり、該方法は当業者には一般に公知である。

図5は上方圧縮器の概念の実施法を示す。

かくして本質的に公知の包絡線検出器(下記参照)を有する該入力に包絡線"E(t)"が検出される。

該乗算器係数信号は該値の線に計算されるが、即ちもし該入力に"C(t)"を掛けられるとその変型された包絡線は元の包絡線(デシベルで表した)のダイナミックレンジ"r"倍したものを有する。

$$\text{かくして } C(t) = (E(t))^{0.01} \text{ そして } E(t)$$

$$\cdot C(t) = E(t)' \text{ である}$$

デシベルは振幅の対数を付け加えることを含むの下記方程式が得られる:

乗算器(44)ーここで該エネルギー信号(41)(基本周波数を含む)は該(選定した)(61)フィードバック信号により掛け算される。かくして該乗算の前に該フィードバック信号内の何れかの第N次調波から第(N+1)次の調波が発生する。

この乗算も又各調波と組み合わせられるダイナミックレンジを固有的に伸張する効果を生ずる。後で説明するように、この伸張は望ましい伸張伸張比をもたらすために利得(47)内に補償される。

該乗算(44)のもう1つの副作用は"内部変調"と直流成分の発生である。あとで説明するように、周波数1より下に入るこの様な成分は該フィードバック高域フィルタ(46)により減衰される。

ミックス(加算器)(52)ーこれは該エネルギー信号を該フィードバックに注入しそして該フィードバックループを通して次の領域で成功裏に高周波を帰納的に発生するために該フィードバックループ内で該基本波を充分な強さに維持することを目指す。この加算器の後から該フィードバックの出力は該回路の残りの部分へ渡される。

高域フィルタ(46)ーカットオフ周波数=0を有するフィードバック高域フィルタ。このフィルタは該フィードバック利得の周波数依存部分を否定し、1より下の周波数(そして直流成分)が拡大するのを防止する。考慮する特定の例ではオクターブ当たり12デシベルの勾配を有するフィルタ(第2次のバタワース(Butterworth)の様な)が満足すべき結果を提供することになった。図7はこのフィルタをグラフィ的に示す。

利得(46)ー高周波、特に第2グループに属するそれらを減衰させる割合を制御する。

乗算器(47)ー該圧縮器(48)からの制御信号を供給される。この乗算器は該フィードバック利得の"動的な"部分を否定する。我々が各調波と組み合わせられたダイナミックレンジをを時間的に制御するのはこの点である。換言すれば望ましい伸張伸張比を高める。前に説明したように、各調波はその本源に対し該"残留伸張比"だけ下方へ伸張されることが望ましい。一般に、該乗算器(44)の効果は望まされた調波当りの下方伸張比となりーこれは上方への圧縮を適用することにより乗算器(47)により補償される。該フィードバック回路(43)が帰納的過程として実現されるので、該制御信号に印加される該調波当りの方の圧縮比の増強は自明なことではない、それで下記に説明する。

該制御信号はそれが主に該フィードバックループのエネルギー包絡線、即ちダイナミックレンジに影響するようには本質的に公知のスムージングを施ることに注意すべきであるが、その周波数内容への影響は無視出来る程である。

1 サンプル遅延(51)ーデジタルドメイン充足のためには必要であるが、それは該デジタルドメインでのフィードバックループは少なくとも1サンプル遅延を要するから

$$\log(E(t) \cdot C(t)) = \log(E(t)) + \log(C(t))$$

従って、比 r でダイナミックレンジ（デシベルで）を伸長することは該エネルギー包絡線を乗して引き上げることであり、該“C(t)”信号を発生したことでそれによりスヌーズ、ゆっくり変化する関数を得るためにそれは本質的に公知のスヌーズ化を受け、それがもう1つの信号を掛けられた時間波数内容へのその影響は無視出来る。

図6に、特定のデジタルのドメインの充完法が示されている。

当業者には公知のように、デジタルドメインでの上方圧縮器を充完するには種々の可能な方法がある。

次に示すのはこの特定の例に適合する簡単な充完の例である。

この例では信号“C(n)”の計算は入力 $\ln(n)$ の有理関数により関数“ x^{n-1} ”の近似を通して行われるが、すなわち：

$$C(n) = \frac{(a_0 + b_1 \cdot \ln(n)^2 + b_2 \cdot \ln(n))}{(a_0 + b_1 \cdot \ln(n)^2 + b_2 \cdot \ln(n))}$$

この後者の充完法は一度に幾つかの目標をもちます：

すなわち包絡線抽出、過剰利得保護そして最初のスヌーズ化である。

包絡線抽出—簡単な包絡線抽出器はスヌーズ化ネットワークが後に続く全波整流により充足されることが多い。該有理関数は“ $\ln(n)$ ”の関数であるを含むので、該入力を最初に整流する必要はない。

過剰利得切替—1に対する該関数 $C(n)$ は x^{n-1} が0に近いと非常に大きな値を持つことが出来る。次のスヌーズ化段階がゼロでない応答時間を有するのでゼロからゼロでない値までの該信号の急速な立ち上がりは非常に高い利得を必要としない。より高い値の信号へのこの高利得の増加を防止するために、次のスヌーズ化段階の着手する応答時間は急速である必要がある。しかしながらこれは余りに高い関数内容に有する制御信号となり、そして制御信号は該包絡線だけでなく、それにより制御される他の信号の関数内容にも影響する。考慮された近似される関数では、0.0に近い利得は0.00により制限された。

初期スヌーズ化—1に対する関数 $C(n)$ は0の付近に不連続がある。この不連続は又該信号“C(n)”に高周波数を導入する。これは次の段階で過剰なスヌーズ化により対処出来るが—それは上記で説明したような最初の着手用の急速応答の必要性を回避を生ずる（該関数 $C(n)$ をそれがあるように使ったと仮定）。該提案された近似関数は完全に連続であり、そのためより高くない関数値を有する制御信号を発生し、そして次ぎのスヌーズ化段階はドラッグアップの必要がない。

であるが第3調波は120Hzを越える）に対するものである。

簡単化のため、次の説明では $g=1$ とする（ g は該固定のフィードバックループの利得である）。

第2調波が主な調波である定常状態では、それはミキサ（52）の後では該第2調波の該伸長比である x の値に等しくして下記の形を取る：

$$CS = (E \cdot F^2 + E \cdot F) = (E^{1+2r} + F^{1+2r})$$

下記該乗算器（44）での該基本成分（ $E^{1+2r} + F^{1+2r}$ ）は今度は第2調波であり、すなわち：

$$E^{1+2r} = E^{1+2r} \cdot F^{1+2r} \cdot F^{1+2r}$$

$$F^{1+2r} = E^{1+2r} \cdot F^{1+2r} \cdot F^{1+2r}$$

$$x = x \cdot (r-1) + 2;$$

$$x = \frac{2}{(2-r)}$$

今、もし該ミキサ（52）の後の第2調波（すなわち $E \cdot F$ ）が主要項であれば、CS（46）に依る計算の後下記の最終出力が得られる：

$$E^{1+2r} \cdot F^{1+2r}$$

そこで $x \cdot r$ が出力に於ける第2調波の伸長比であり、そしてこれは上記（表1）で詳細に説明したように該第2調波用該伸長比が1.34に等しく設定されるべきである。

$$x \cdot r = 1.34; \text{そして}$$

$$x = \frac{2}{(2-r)}$$

に対して
我々は：

$$\frac{2 \cdot r}{(2-r)} = 1.34$$

$$r = 0.802 \text{ を得る。}$$

今、第3調波が主要調波であり、すなわち第1調波が120Hzを越える第2調波に反ると、我々は

$$x = \frac{3}{(3-2 \cdot r)}$$

を得る。

上記（表1）詳細に説明したように第3調波に対する該伸長比は1（次ぎのようにあるべきである）： $x \cdot r = 1$ 。

$$r = 0.803$$

$$\frac{3 \cdot r}{(3-2 \cdot r)} = 1.74; r = 0.803$$

r を解くことは次ぎのようにになる：

$$\frac{3 \cdot r}{(3-2 \cdot r)} = 1.74; r = 0.803$$

第2調波の場合及び第3調波の場合に対する圧縮比

$$E \cdot F^2 + E \cdot F$$

出力減衰フィルタの後では、 $E \cdot F^2$ は主成分であり、そして従って該圧縮器制御信号は下記となる：

$$CS = E^{1+2r}$$

従ってCSを掛けられた後、該1サンプル遅延に於いて我々は下記を得る：

$$E^{1+2r} \cdot F^{1+2r} \cdot F^{1+2r}$$

$$F^{1+2r} = E^{1+2r} \cdot F^{1+2r} \cdot F^{1+2r}$$

$$x = \frac{3 \cdot 0.802}{(3-2 \cdot 0.802)} = 1.72$$

かくして、第2又は第3調波が主要調波である両方の場合に約0.8の1つの一定の上方圧縮比が正しい残留伸長比と成り得る。

上記の近似解析では、上方圧縮による該制御信号の取得への該主要調波以外のものの影響は無視した。実際には該他の—主要調波以外の—調波が該圧縮器により抽出される包絡線に幾らか貢献しそして常に高調波があることでその貢献は該主要調波のそれ自身によるものに比して該圧縮器への入力で該包絡線を伸長することになる。主観的聴取では0.75乃至0.8付近の値が良い結果を生ずることが示されている。

上記解析では g は値1を割り当てた。該主要調波に対しては利得の一定変化であり、該発生器の外部に対しては高い調波に対しては該調波の減衰比を制御することとを示すことが出来る—それはより高い調波は該フィードバックループを通してより多い利得を通して発生されるからである。そのため実際“ g ”はより高い（ n ）上の第1調波より）調波がそれと減衰される比を制御することとでピーチー信号の感じられるクンバーを制御する方法として役立つ。

“ g ”はフィードバックループの部分であるので、調波が減衰される割合は抽出に g ではなく、該フィードバックループ内で再帰的に増加される“上方圧縮”によって制らされる。従って第2グループの調波に入る調波は適切に減衰させるために g は1より小さい値に設定されるべきである。約 $g=0.3$ の値が充分であると分かった。

図4乃至8の間の説明はラウドネス整合を実現するための該伸長比手法に基づいてピーチー信号発生器を実現するための実施例の多くの可能な変型品の1つを図解した。勿論同じ目的を得るための他のハードウェア/ソフトウェアも適用可能である。

本発明は又図3a、3b、3cで略図的に図解された他のラウドネス整合技術を含んでいる。

図4乃至9に関する説明は精密なラウドネス整合（すなわち、第2調波が主要な場合は約1.34、第3調波が主

要な場合は約1.74に該残留伸長比を選択する)を例示したが、これは決して必要条件を構成するものではないことは注意されるべきである。換言すれば、幾つかの応用では実質的に該ラウドネス感度特性を逆転することでも充分である。従って、そして下記より詳細に説明するように、上記比の約±50%の範囲に入る伸長比(すなわち変型残留伸長比)も許容される。

かくして上記説明で、関心のある低周波信号と心理音響学的代り信号との間の該ラウドネス感度特性を達成するための原理と方法を説明した。

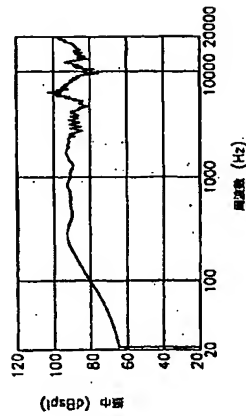
それにより該ピーエイ信号のダイナミックレンジが該エルエフ信号に対し伸長されるべき近似された比を提示した。この近似残留伸長比“自然”比として引用される。次に何故、実際に、比の範囲(すなわち該“自然”比付近の変型された比)が有用なそして望ましい結果を提供出来るを説明する。

音のダイナミックレンジの意図的圧縮は次ぎの様なおのり実用的状態で望ましい:

1. 録音を運ぶメディアが次ぎの様にダイナミックレンジに於いて技術的に限定されている:

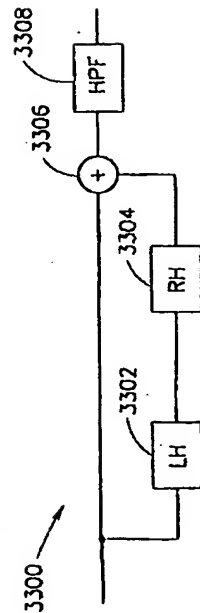
- 1.1 ラジオ又はTV伝送;
- 1.2 限定されたダイナミックレンジを有するテープカセット;
- 1.3 8ビットファイル式のマルチメディア等;

2. 音が比較的低い音域雑音の成る環境で再生される(べ

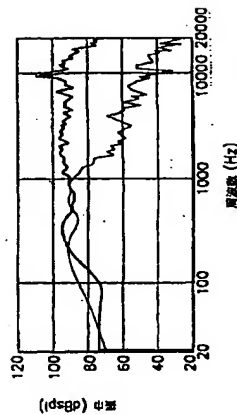


【第1A図】

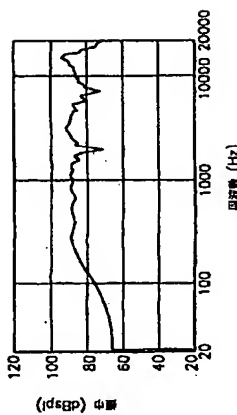
【第3F図】



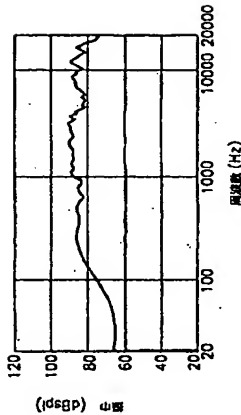
【第1B図】



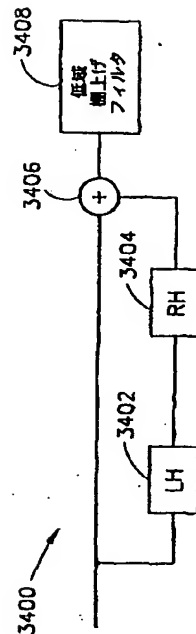
【第1C図】



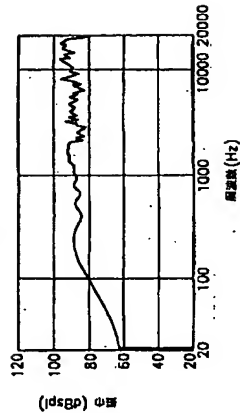
【第1D図】



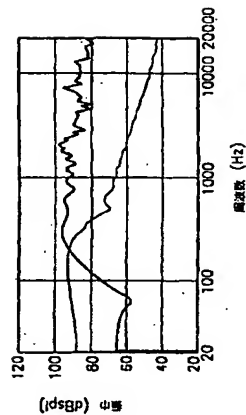
【第3G図】



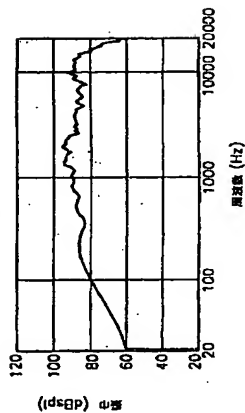
【第1E図】



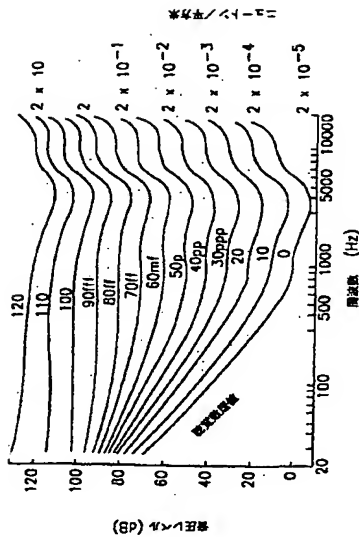
【第1H図】



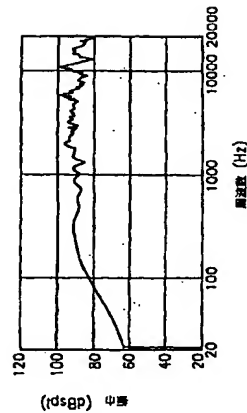
【第1F図】



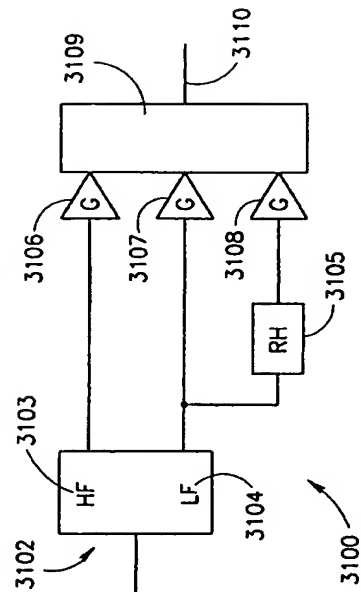
【第2図】



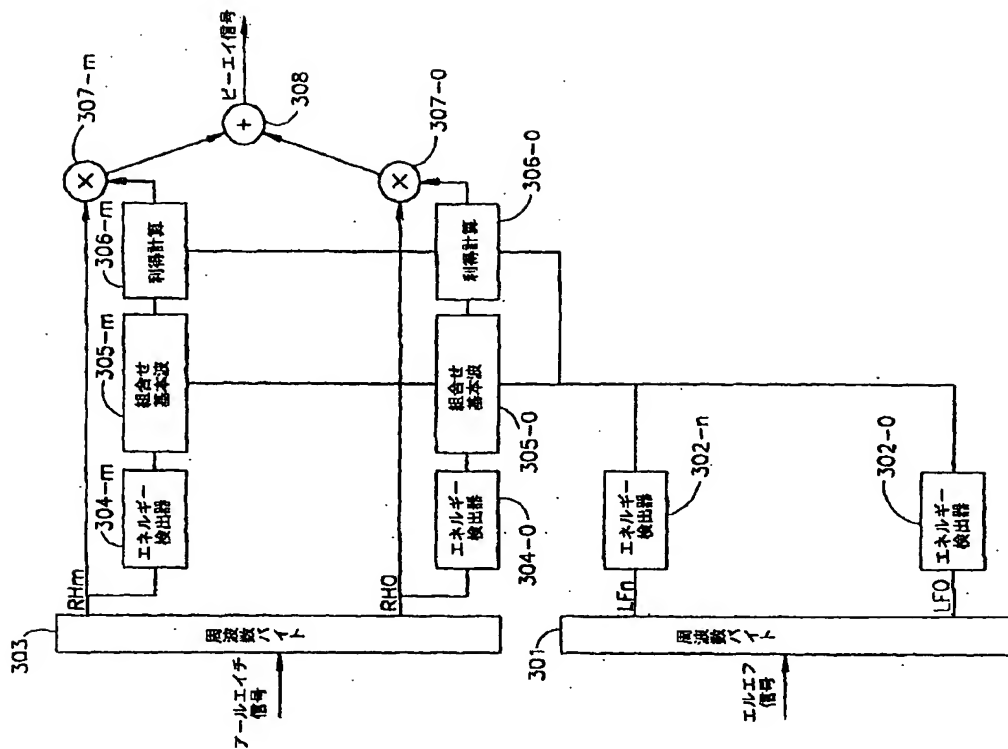
【第1G図】



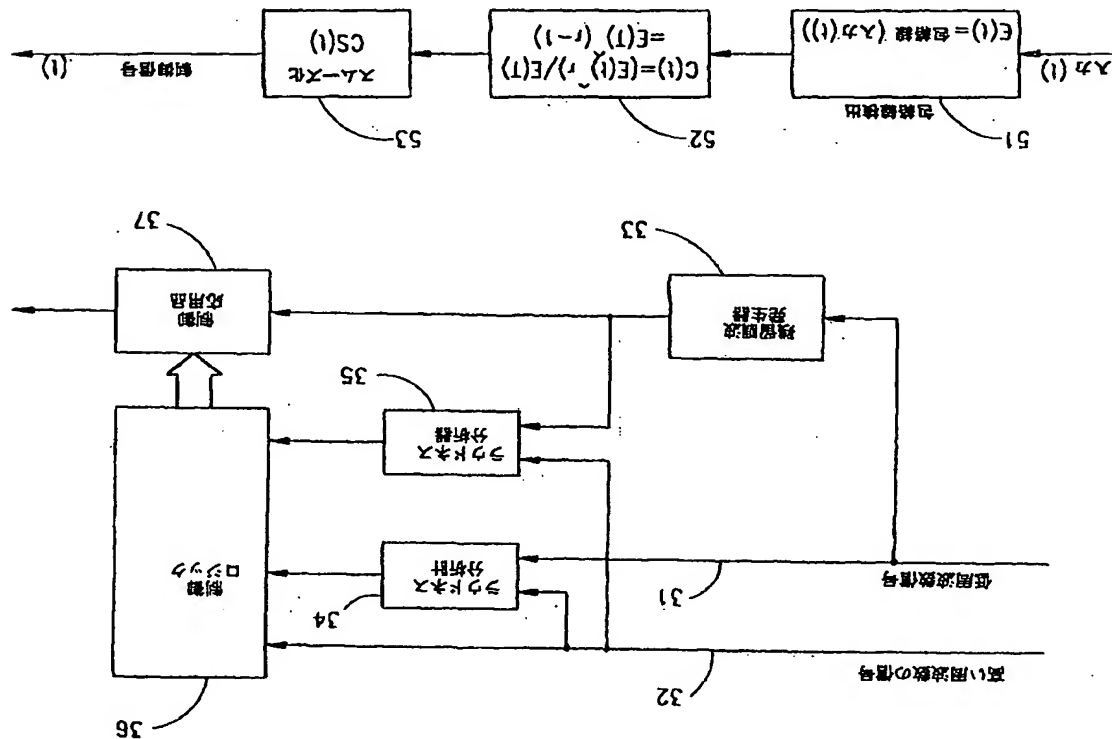
【第3D図】



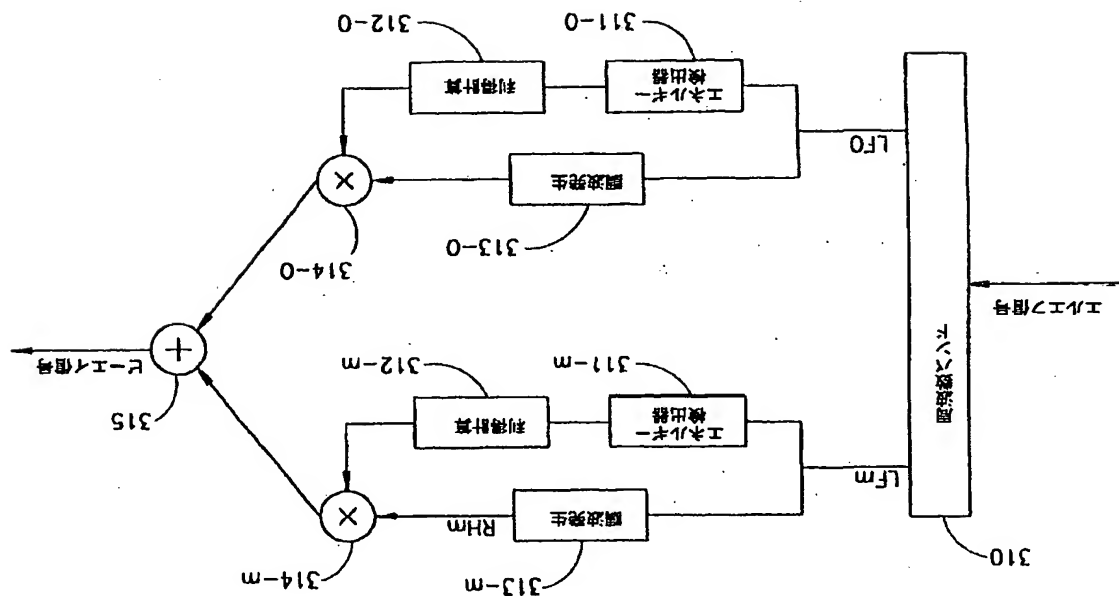
【第3B図】



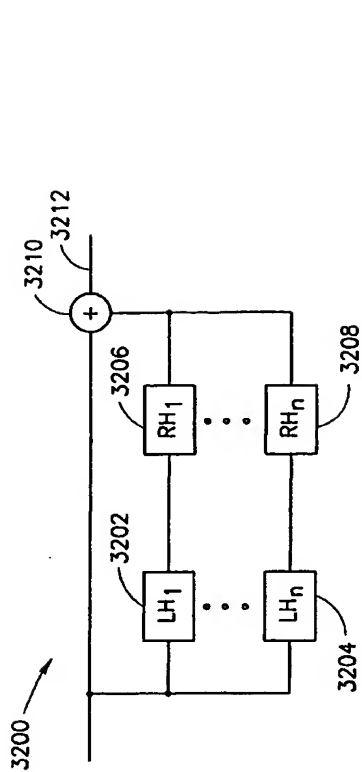
【第3A図】



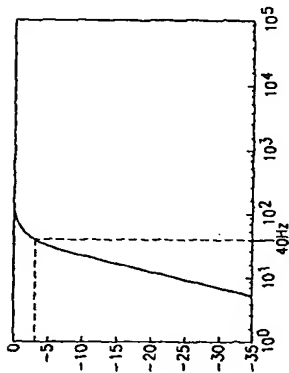
【第3C図】



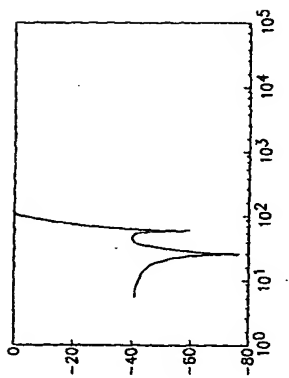
【第3E図】



【第7図】



【第8図】



【第9図】

